

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

Куликова Алевтина Христофоровна¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Сайдяшева Галина Владимировна², кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агрохимии

¹ ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 432017, Ульяновск, бул. Новый Венец, 1; тел. 8(8422) 55–95–68, e-mail: agroec@yandex.ru

² Ульяновский НИИСХ — филиал СамНЦ РАН, 433315, Ульяновская область, Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19; тел. 8(84254) 3–41–32, e-mail: Galina_83@list.ru

Ключевые слова: биомодифицированное удобрение, сельскохозяйственные культуры, урожайность.

Исследования по изучению эффективности биомодифицированных минеральных удобрений проводили на базе Ульяновского НИИСХ – филиала Самцентр РАН в течение ротации пятипольного зернопарового севооборота: пар чистый – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень – овес в 2013–2018 гг. Схема полевого опыта включала варианты (кроме контроля): с внесением в почву биопрепарата БисолбиФит (внесение с семенами, которые обрабатывали перед посевом), азофоски $N_{15}P_{15}K_{15}$ в чистом виде, модифицированной биопрепаратом азофоски в той же дозе $N_{15}P_{15}K_{15}$ половинной дозы модифицированной азофоски ($N_{7,5}P_{7,5}K_{7,5}$). Эффективность удобрений и биопрепарата при возделывании культур изучали на трех фонах: естественном (контроль), аммиачной селитры в дозе 40 кг д.в./га (NH_4NO_3) и модифицированной аммиачной селитры в дозе 20 кг д.в./га. Установили, что модификация азофоски биопрепаратом БисолбиФит позволяет значительно повысить коэффициенты использования элементов из нее растениями. Последнее позволяет уменьшить дозы удобрения, не снижая продуктивности возделываемых культур, в два раза. Длительное возделывание культур с применением только минеральных удобрений и биопрепарата привело к относительному снижению содержания гумуса в почве и подкислению ее. За 6 лет в пахотном слое чернозема выщелоченного содержание гумуса уменьшилось на 0,12 %, кислотность почвенного раствора повысилась на 0,5 единиц $pH_{КСГ}$. В условиях лесостепи Поволжья при возделывании на черноземах наиболее высокоурожайной является озимая пшеница (до 4,00 т/га и более, в наших опытах 3,88–4,80 т/га). Урожайность яровой пшеницы в среднем составила 2,68–3,31 т/га, ярового ячменя 2,67–3,21 т/га, овса 2,15–2,71 т/га. Наиболее высокую продуктивность севооборота отмечали на фоне с модифицированной аммиачной селитрой в дозе 20 кг д.в./га ($\frac{1}{2} NH_4NO_3$) при внесении модифицированной азофоски ($N_{15}P_{15}K_{15}$). Сбор зерна за 2013 – 2018 гг. на данном варианте составил 13,36 т/га, превысив контрольный вариант на данном фоне на 1,31 т/га.

Введение

Использование минеральных удобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур является неотъемлемым фактором повышения урожайности. Однако применение их может сопровождаться негативными последствиями, как: загрязнение окружающей среды, потеря элементов питания и в связи с этим невысокими коэффициентами их использования. Так, использование азота культурами от внесённого количества азотных удобрений не превышает 30 – 50 %, фосфора — 20 - 30 %, калия 30 - 40 % (Цит. по [1]). Прежде всего, это касается хорошо растворимых азотных удобрений, часть которых вымывается в грунтовые воды, часть улетучивается в атмосферу. Большая часть фосфорных удобрений при внесении на любых почвах переходит в недоступную форму, поэтому очень важно повысить коэффициент использования элементов питания из вносимых в почву удобрений. Одним из возможных решений данной проблемы предлагается биологическая

модификация гранул минеральных удобрений и получение так называемых биоминеральных удобрений [2, 3]. Сущность модификации заключается в нанесении на гранулы минеральных удобрений биологического препарата на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis* Ч–13 «БисолбиФит». Авторы считают, что таким образом можно на 15 – 40 % повысить эффективность минеральных удобрений [4, 5]. Так, внесение в почву при возделывании яровой пшеницы аммиачной селитры, обработанной биопрепаратом БисолбиФит, повысило коэффициент использования растениями азота удобрения на 5–7 % при определении изотопным и на 9 – 12 % – разностным методами [6].

Вышеизложенное определило цель наших исследований — изучить эффективность минеральных и биомодифицированных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на черноземах лесостепи Поволжья.

Материалы и методы исследований

Научно-исследовательскую работу прово-

дили на базе Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства — филиала Самарского федерального исследовательского центра РАН в 2013–2018 годах в пятипольном зернопаровом севообороте с чередованием культур: пар чистый — озимая пшеница — яровая пшеница — ячмень — овес. Почва опытного поля представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинстым. Агрохимическая характеристика его следующая: содержание гумуса 6,43 — 6,62 %, подвижных (доступных) форм фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 214 — 228 и 101–117 мг/кг почвы (очень высокая и высокая обеспеченность данными элементами), реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (6,3 — 6,5 единиц рН_{ксл}).

Объектами исследований являлись:

—минеральные удобрения: азофоска (АЗФК) с содержанием азота, фосфора и калия по 15 %; аммиачная селитра NH₄NO₃ с содержанием азота 34 %, (вносилась как фоновое удобрение под предпосевную культивацию);

—порошкообразная форма микробиологического препарата БисолбиФит на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч–13, изготовленная в ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин): обработку посевного материала проводили за 1–2 дня до посева. Препарат (400–600 г на гектарную норму семян) растворяли в воде из расчета 10 л/т семян, тщательно перемешивая до равномерного

распределения препарата;

—биомодифицированные удобрения на основе азофоски и аммиачной селитры (N₁₅P₁₅K₁₅ мод., NH₄NO₃ мод). Для приготовления данных удобрений сухую форму микробиологического препарата БисолбиФит наносили на минеральные удобрения в день их внесения из расчета 4 кг на 1 тонну.

—сельскохозяйственные культуры: озимая пшеница (сорт Харьковская 92), яровая пшеница (Симбирцит), ячмень (Нутанс 553), овес (Рысак).

Схема полевого опыта включала 5 основных вариантов:

1. Контроль (без удобрений); 2. Предпосевная обработка семян биологическим препаратом БисолбиФит с дозой 400–600 г/т; 3. Внесение в почву азофоски под предпосевную культивацию в дозе N₁₅P₁₅K₁₅ (NPK); 4. Внесение в почву под предпосевную культивацию азофоски, обработанную биопрепаратом в дозе по 15 кг д.в./га (NPK_м); 5. Внесение в почву под предпосевную культивацию половинной дозы азофоски — 7,5 кг д.в./га (½NPK_м).

Эффективность минеральных, биомодифицированных минеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит оценивали при возделывании культур на 3-х фонах: нулевой (контроль); аммиачная селитра в чистом виде в дозе 40 кг д.в./га (NH₄NO₃); аммиачная селитра, обработанная биопре-

Таблица 1

Интенсивность разложения льняного полотна под посевами культур севооборота в зависимости от применения минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит, % (слой почвы 0–30 см)

Вариант	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Овес
Фон 1 — нулевой				
1. Контроль	20,1	14,5	28,7	20,1
2. БисолбиФит	35,1	17,6	4,07	30,1
3. NPK (азофоска)	23,8	18,8	34,7	27,6
4. NPK _м (азофоска модифицированная)	37,8	24,5	42,5	46,3
5. ½ NPK _м (азофоска модифицированная)	31,5	24,2	42,1	37,5
Среднее по фону	30	19,9	37,7	32,3
Фон 2 — NH ₄ NO ₃				
1. Контроль	22,7	16,8	34,4	22,7
2. БисолбиФит	41,0	20,5	43,4	35,0
3. NPK (азофоска)	24,9	19,1	36,6	36,2
4. NPK _м (азофоска модифицированная)	38,9	28,7	44,5	49,1
5. ½ NPK _м (азофоска модифицированная)	33,3	27,1	42,5	40,4
6. Среднее по фону	32,3	22,4	40,3	36,7
Фон 3 — ½ NH ₄ NO ₃				
7. Контроль	28,4	18,4	36,2	22,4
8. БисолбиФит	44,7	21,5	44,2	43,2
9. NPK (азофоска)	30,7	19,7	37,1	36,2
10. NPK _м (азофоска модифицированная)	61,1	30,3	50,2	61,1
11. ½ NPK _м (азофоска модифицированная)	47,2	27,9	44,5	47,2
12. Среднее по фону	42,4	23,6	42,4	42,0

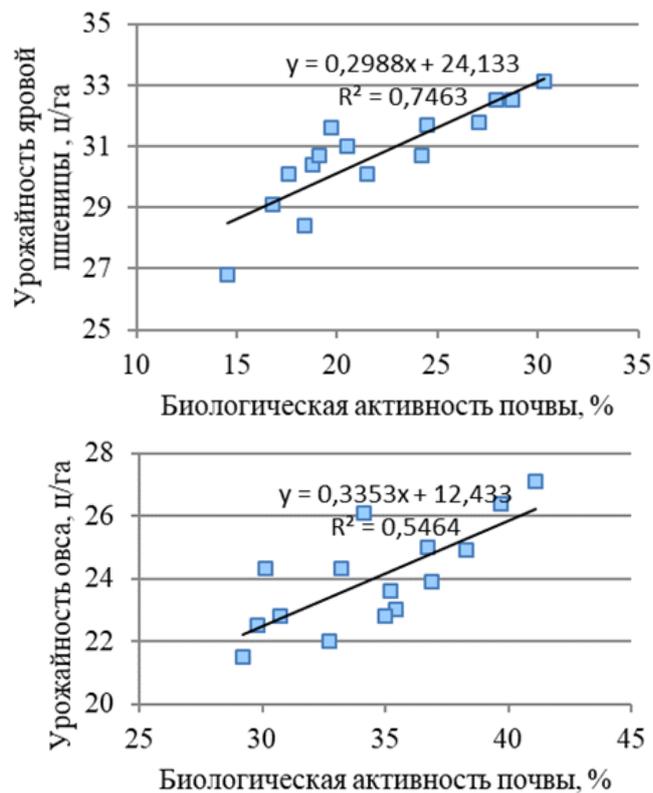
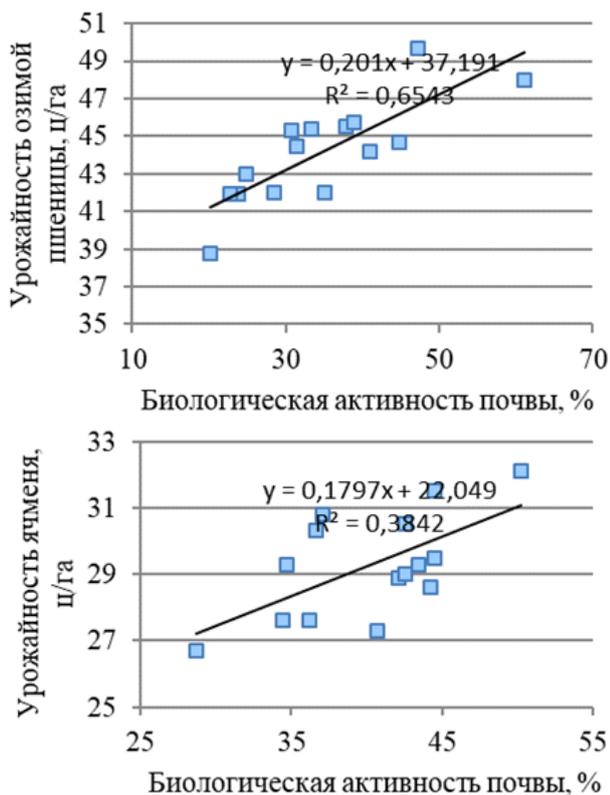


Рис. - Зависимость урожайности культур зернопарового севооборота от степени разложения льняного полотна

паратом, в дозе 20 кг д.в./га ($\frac{1}{2}$ НПК_м).

Полевой опыт проводили в 3-х кратной повторности с рендомизированным размещением делянок согласно схеме. Общая площадь одной делянки - 145 м² (5,8x25), учетной - 100 м² (4x25). Организацию и проведение опытов, анализы почвенных и растительных образцов осуществляли по соответствующим ГОСТам со строгим соблюдением методических требований.

Результаты исследований

Результаты исследований изучения эффективности биомодифицированных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур приведены в таблицах 1-3 и на рисунке.

Следует отметить, что урожайность культур находилась в прямой линейной зависимости от интенсивности разложения льняного полотна (рис. 1)

Согласно данным, представленным в таблице 2, применение минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений при возделывании культур севооборота сопровождалось заметным изменением агрохимического состояния пахотного слоя чернозема выщелоченного.

Урожайность культур севооборота при применении биопрепарата, минеральных и биомодифицированных удобрений представлена в таблице 3.

Обсуждение

Биологическая активность. Действие лю-

Таблица 2
Агрохимические показатели пахотного слоя чернозема выщелоченного в начале и конце ротации севооборота (средние)

Годы	Гумус, %	рННCl	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			мг/кг		мг-экв./100 г почвы	
2013	7,27	6,5	291	138	32,6	5,4
2018	7,15	6,0	265	105	31,2	5,0

бых агротехнических приемов, в том числе удобрений, на формирование урожайности культур является следствием комплекса изменений, происходящих в почве. При этом важнейшая роль принадлежит деятельности почвенных микроорганизмов, поскольку их активность определяет протекание самых разнообразных почвенных процессов, в том числе постепенный переход труднодоступных и малодоступных форм элементов питания в соединения, способные усваиваться корневой системой растений [7, 8]. Поэтому при изучении эффективности тех или иных приемов, направленных на повышение продуктивности культур оценка биологического состояния почвы необходима.

Микробиологическую деятельность в почве можно определять разными методами. По мнению ряда ученых наиболее простым и позволяющим оценить общую биологическую активность почвы непосредственно под посевами культур, но достаточно информативным, является опреде-

Таблица 3

Урожайность культур севооборота при применении биопрепарата, минеральных и биомодифицированных удобрений, т/га

Фон	Вариант	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Овес	Сбор зерна
		2013–2015 гг	2014–2016 гг	2015–2017гг	2016–2018 гг	2013–2018 гг
нулевой	6. Контроль	3,88	2,68	2,67	2,15	11,38
	7. БисолбиФит	4,20	3,01	2,73	2,20	12,14
	8. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,19	3,04	2,93	2,28	12,44
	9. N ₁₅ P ₁₅ K _{15м}	4,55	3,17	3,05	2,30	13,07
	10. ½ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,45	3,07	2,89	2,88	12,69
Среднее по фону		4,25	2,99	2,85	2,24	12,33
NH ₄ NO ₃	1. Контроль	4,19	2,91	2,76	2,43	12,29
	2. БисолбиФит	4,42	3,10	2,93	2,50	12,95
	3. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,30	3,07	3,03	2,61	12,01
	4. N ₁₅ P ₁₅ K _{15м}	4,57	3,25	3,15	2,71	13,68
	5. ½N ₁₅ P ₁₅ K _{15м}	4,54	3,18	2,90	2,64	13,26
Среднее по фону		4,40	3,10	2,55	2,57	12,62
½ NH ₄ NO ₃	6. Контроль	4,20	2,84	2,76	2,25	12,05
	7. БисолбиФит	4,47	3,01	2,86	2,36	12,70
	8. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,53	3,16	3,08	2,40	13,17
	9. N ₁₅ P ₁₅ K _{15м}	4,80	3,31	3,21	2,49	13,81
	10. ½N ₁₅ P ₁₅ K _{15м}	4,77	3,25	2,95	2,39	13,36
Среднее по фону		4,55	3,11	2,97	2,37	13,00
НСП ₀₅ (фон)		0,07	0,06	0,06	0,05	
НСП ₀₅ (вариант)		0,08	1,10	0,08	0,06	
НСП ₀₅ (взаимодействие)		0,18	0,19	0,13	0,12	
P, %		2,75	1,48	1,23	2,25	

ление целлюлозоразлагающей активности аппликационным методом (по разложению льняного полотна). В разложении клетчатки участвуют многие функциональные группы микроорганизмов. В таблице 1 приведены результаты определения интенсивности разложения льняного полотна в пахотном слое чернозема выщелоченного под посевами культур за ротацию севооборота (2014 – 2018 гг). Данные по каждой культуре средние за 3 года и средние в слое почвы 0–30 см.

Анализируя результаты исследований, представленных в таблице 1, следует отметить, что биологическая активность почвенных организмов под разными культурами заметно отличалась и зависела не только от вносимых удобрений, но и погодных условий вегетации. Под посевами озимой пшеницы, ячменя и овса степень разложения целлюлозы в почве согласно шкале, предложенной Д. Г. Звягинцевым, была средней (30 - 50 %); под посевами яровой пшеницы она была слабой (10 – 30 %). Последнее обусловлено недостатком влаги и высокими температурами в течение вегетации:

потери влаги способствовали иссушению верхнего горизонта почвы.

Что касается влияния удобрений на активность почвенных организмов, предпосевная обработка семян препаратом БисолбиФит способствовала резкому усилению биологической активности в пахотном слое почвы на 3,1–15 % (абсолютные значения).

Основу препарата БисолбиФит составляют штамм ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 и их метаболиты. Данные микроорганизмы обладают способностью синтезировать вещества, которые подавляют развитие фитопатогенных грибов и бактерий, обладают азотофиксирующими свойствами, повышают всхожесть семян и устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам [1, 10, 11].

Как было отмечено выше, уникальное направление применения препарата БисолбиФит — биологическая модификация минеральных удобрений, которая позволяет повысить коэффициенты использования растениями элементов из

минеральных удобрений: азота — от 20 до 50 %, фосфора — от 20 до 30 %, калия — от 10 до 40 %. Суть биологической модификации заключается в нанесении на поверхность гранул минеральных удобрений микробиологического препарата (в данном случае БисолбиФита). В результате этого на поверхности гранул удобрений образуется «биокапсула», которая выполняет сразу несколько функций: защитную, удобрительную, стимулирующую. Сказанное подтверждается результатами наших экспериментов: целлюлозоразлагающая активность почвы при внесении биомодифицированной азофоски повысилась по отношению к контролю: под посевами озимой пшеницы на 17,7 %, к варианту NPK в чистом виде — на 14 %; под посевами яровой пшеницы соответственно на 10,0 и 5,7 %, ячменя на 13,8 и 7,8 %, овса на 26,2 и 18,7 %. Аналогичная закономерность сохранялась при возделывании культур на фоне аммиачной селитры и ее модифицированного аналога. При этом наиболее высокую активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвы отмечали на фоне половинной дозы модифицированной аммиачной селитры на варианте с внесением модифицированной азофоски: под посевами озимой пшеницы -61,1 %, яровой пшеницы -30,3 %, ячменя -50,2 %, овса-61,1 %.

Агрохимические показатели. Основными агрохимическими показателями, отражающими питательный режим почвы, являются: содержание и запасы гумуса, элементов питания в доступных формах, кислотнo-основные режимы ($pH_{КСР}$, H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}).

Почва опытного участка (чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый) характеризовалась отсутствием пестроты по содержанию гумуса и элементов питания.

Определение содержания гумуса в 2018 году показало, что при применении минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений произошли заметные изменения в гумусном состоянии почвы: содержание его уменьшилось на 0,12 %, запасы — на 3,5 т/га. Следовательно, длительное возделывание сельскохозяйственных культур без применения органических удобрений неминуемо сопровождается снижением содержания и запасов гумуса. Несмотря на то, что биомодификация минеральных удобрений способствует повышению коэффициентов использования элементов питания, полная компенсация выноса их из почвы урожаем культур не происходит.

За ротацию севооборота произошло также снижение в пахотном слое доступных фосфора и калия на 26 и 33 мг/кг почвы соответственно. С одной стороны это обусловлено потреблением их на формирование урожая (к тому же почвенные образцы отбирались в предуборочный период, то

есть во время максимума их потребления), с другой — дозы фосфора и калия по 15 кг/га явно недостаточны для полного удовлетворения потребностей растений в данных элементах.

Следует также отметить, что за 6 лет возделывания культур с применением только минеральных удобрений (в том числе и биомодифицированных) произошло подкисление почвы на 0,5 единиц рНКС. Последнее обусловлено физиологической кислотностью аммиачной селитры и частичной потерей катионов кальция и магния (вымыванием в нижние слои, потреблением растениями).

Урожайность зерна культур севооборота в зависимости от применения биопрепарата БисолбиФит, минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений.

В процессе роста и развития растения предъявляют определенные требования к условиям произрастания, в том числе внешней среды, которые связаны с характером и интенсивностью физиологo-биохимических процессов, протекающих в них. Одним из наиболее эффективных и быстродействующих факторов, способствующих улучшению питательного режима почвы, являются минеральные удобрения. В последние десятилетия (как указывалось выше) перспективным направлением в этом отношении считается применение микробиологических препаратов, способствующих дополнительному вовлечению в агроценоз основных элементов минерального питания [5].

Как свидетельствуют данные таблицы 3, озимая пшеница в условиях лесостепи Поволжья, где основной фон почвенного покрова составляют черноземы, является наиболее высокоурожайной культурой: естественное плодородие почв обеспечивает продуктивность зерна в среднем почти на уровне 4,0 т/га. Значительно уступают в этом отношении яровые зерновые культуры (на 1,20 – 1,73 т/га). Минимальную в данных опытах урожайность наблюдали у овса, которая не превышала 2,15 т/га.

Несмотря на относительно высокое плодородие почвы, где проводились полевые опыты, внесение азофоски дозой всего по 15 кг/га действующих веществ (NPK) сопровождалось заметным повышением урожайности зерна: озимой пшеницы — на 0,31 т/га, яровой пшеницы — на 0,36 т/га, ячменя — на 0,26 т/га, овса — на 0,13 т/га.

Примерно такую же прибавку урожая обеспечила предпосевная обработка семян биологическим препаратом БисолбиФит. Однако, если в случае применения биопрепарата формирования урожайности происходило за счет активизации почвенных процессов и использования растениями почвенных запасов элементов питания, в случае применения минеральных удобрений расход элементов питания частично компенсируется, что способствовало сохранению плодородия почвы.

Совмещение же минеральных удобрений с биопрепаратом способом модификации обеспечивало повышение при тех же условиях коэффициентов использования элементов из удобрения и повышение продуктивности культур по отношению к контролю: озимой пшеницы на 17 % (0,67 т/га), яровой пшеницы — на 18 % (0,49 т/га), ячменя — на 14 % (0,38 т/га), овса — на 7 % (0,2 т/га).

На обоих фонах с внесением аммиачной селитры урожайность всех культур севооборота по отношению к нулевому фону существенно повысилась. Последнее свидетельствует о том, что на черноземах с высокой обеспеченностью доступными фосфором и калием, определяющим урожайность зерновых культур фактором является азот. Повышение же коэффициента использования азота из аммиачной селитры посредством модификации позволяет снизить ее дозу при возделывании культур практически в 2 раза. Урожайность культур севооборота при этом не уступала, более того имела тенденция повышения продуктивности зерна на фоне с половинной дозой NH_4NO_3 . По общему сбору зерна продуктивность севооборота при возделывании культур на фоне половинной дозы модифицированной аммиачной селитры превышала вариант с полной дозой фонового удобрения на 0,38 т/га. Последнее, несомненно, свидетельствует о значительном повышении коэффициентов использования элементов питания из минеральных удобрений. Расчеты коэффициентов использования азота, фосфора и калия из различных удобрений методом, предложенным Б. Я. Ягодиным и который достаточно широко применяется [12, 13], показали, что коэффициент использования азота из азофоски при внесении в почву в чистом виде составляет 59 %, фосфора — 32 % и калия — 58 %. При модификации ее биопрепаратом БисолбиФит коэффициенты использования достигли: азота — до 63–67 %, фосфора и калия — соответственно до 39–48 и 63–73 % [14]. Установлено, что при поступлении в почву бактерии *Bacillus subtilis* активно колонизируют корни растений, способствуют более эффективному использованию растениями элементов питания, что позволяет на 30–40 % снизить дозы удобрений [9]. Как свидетельствуют результаты данных исследований, возможно уменьшение дозы азофоски, не снижая продуктивности возделываемых культур, в два раза.

Заключение

1. Внесение в почву биопрепарата БисолбиФит (посевным материалом), минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений сопровождалось значительным усилением активности почвенных микроорганизмов. При этом наиболее высокую активность целлюлозоразлагающей микрофлоры отмечали на фоне половинной дозы биомодифицированной ам-

миачной селитры при внесении модифицированной азофоски в дозе $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$: под посевами озимой пшеницы 61,1 %, яровой пшеницы 30,3 %, ячменя 50,2 %, овса 61,1 %.

2. Длительное возделывание культур с применением только минеральных удобрений и биопрепарата привело к относительному снижению содержания гумуса в почве и подкислению ее. За 6 лет в пахотном слое чернозема выщелоченного содержание гумуса уменьшилось на 0,12 %, кислотность почвенного раствора повысилась на 0,5 единиц pH_{KCl} .

3. В условиях лесостепи Поволжья при возделывании на черноземах наиболее высокоурожайной является озимая пшеница (до 4,00 т/га и более, в наших опытах 3,88–4,80 т/га). Урожайность яровой пшеницы в среднем составила 2,68–3,31 т/га, ярового ячменя — 2,67–3,21 т/га, овса — 2,15–2,71 т/га. Наиболее высокую продуктивность севооборота отмечали на фоне с модифицированной аммиачной селитрой в дозе 20 кг д.в./га ($\frac{1}{2} \text{NH}_4\text{NO}_3$) при внесении модифицированной азофоски ($\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$). Сбор зерна за 2013 – 2018 гг. на данном варианте составил 13,36 т/га, превысив контрольный вариант на данном фоне на 1,31 т/га.

Библиографический список

1. Чеботарь, В.К. Повышение социально-экономического уровня развития территории путем создания регионального биокластера (на примере Ульяновской области) / В.К. Чеботарь, А.А.Завалин, А.Г. Ариткин. - Санкт-Петербург, 2016. —148 с.
2. Патент РФ на изобретение «Способ получения биоудобрений». №2241692. Зарегистрирован 10.12. 2004.— М., 2004.
3. Патент РФ на изобретение «Способ получения биоминеральных удобрений и мелиорантов (варианты)». №2487932. Зарегистрирован 12.02. 2014.— М., 2014.
4. Чеботарь, В.К., Применение биомодифицированных минеральных удобрений / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, А.Г. Ариткин. - Москва : ВНИА: —Ульяновск: УлГУ, 2014. — 142 с.
5. Гаврилова, Анна Юрьевна. Эффективность применения сложных биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: дис...канд. с.-х. наук: 06.01.04. / А.Ю. Гаврилова. — Москва, 2018. —20 с.
6. Завалин, А.А. Коэффициент использования растениями азота удобрений и его регулирования / А.А. Завалин, О.А. Соколов // Международный сельскохозяйственный журнал.- 2019. — №4 (370). — С. 71–75.
7. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. — Москва: Издательство Юрайт, 2016. — 445 с.

8. Куликова, А.Х. Агрехимическая оценка физических и биологических свойств почв Среднего Поволжья / А.Х. Куликова, Н.Г. Захаров, А.В.Карпов, А.В. Козлов, Н.А. Хайрtdинова, Е.А. Яшин. - Ульяновск, 2017. – 244 с.

9. Kulikova, A.Kh. Biopreparations in the spring wheat fertilization system / A.Kh. Kulikova, S.N. Nikitin, A.L.Toigildin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2017. – Т. 8, № 1. – С. 1796–1800.

10. Chebotar, V. K. Microbial preparations that improve plant development / V. K. Chebotar, N. V. Malfanova, A.B. Shcherbakov, G.A. Ahtemova // Applied Biochemistry and Microbiology, 2015. – №51(3). - P. 271–277.

11. Алферов, А.А. Эффективность применения биопрепарата на яровой пшенице Европейской части России на разных фонах минерального питания / А.А. Алферов, Л.С. Чернова, П.П. Кожемяков // Российская сельскохозяйственная наука.-

2017. – №6. – С. 17–21.

12. Tsukanova, K.A. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on plant hormone homeostasis / K.A. Tsukanova, V. K. Chebotar, T.N. Bibikova, J.M. Meyer // South African Journal of Botany, 2017. – Vol. 113. – P. 91–102.

13. Toigildin, A.L. Biologization and efficiency of crop rotation types under conditions of the forest-steppe zone of the volga region/ A.L.Toigildin, V.I. Morozov, M.I. Podsevalov, S.N. Zudilin // Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2018. – Т. 9, №6. –С. 1063–1070.

14. Куликова, А.Х. Эффективность биомодифицированных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур в Среднем Поволжье / А.Х. Куликова, Г.В. Сайдышева, А.Н. Лашенков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2019. – №3 (47). – С. 54–59.

EFFICIENCY OF BIOMODIFIED MINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS ON THE CHERNOZEM REGIONS OF THE VOLGA FOREST-STEPPE

Kulikova A. Kh.¹, Saidyasheva G. V.²

¹ FSBEI HE Ulyanovsk SAU, 432017, Ulyanovsk, Novy Venets boulevard,1; tel. 8(8422) 55–95–68, e-mail: agroec@yandex.ru

² Ulyanovsk SRIA— SamSC RAS branch, 433315, Ulyanovsk region, Ulyanovsk district, Timiryazevsky country, Istitutskaya street, 19; tel. 8(84254) 3–41–32, e-mail: Galina_83@list.ru

Key words: biomodified fertilizer, agricultural crops, yield.

Research on the effectiveness biomodified mineral fertilizers were carried out on the basis of Ulyanovsk SRIA – SamSC RAS branch during the rotation grain fallow five fields crop rotation: pure steam – winter wheat – spring wheat – barley – oats in 2013-2018. The field experiment scheme included options (except control): with the introduction of biologics BisolbiFit (introduction with seeds that were treated before sowing), azofoski N15P15K15, in pure form, modified with biopreparation azofoski in the same dose N15P15K15, half a dose of modified azofoski (N7, 5 P7, 5 K7, 5). The effectiveness of fertilizers and biopreparations in crop cultivation was studied on three backgrounds: natural (control), ammonium nitrate at a dose of 40 kg ai/ha (NH4NO3), and modified ammonium nitrate at a dose of 20 kg DW/ha. It was established that modification of azofoski with BisolbiFit biopreparation can significantly increase the coefficients of use of elements from it by plants. The latter allows to reduce the dose of fertilizer, without reducing the productivity of cultivated crops, twice. Long-term cultivation of crops using only mineral fertilizers and biological products led to a relative decrease in the humus content in the soil and its acidification. For 6 years, the content of humus in the arable layer of leached chernozem decreased by 0.12 %, and the acidity of the soil solution increased by 0.5 pHKCl units. In the conditions of the Volga forest-steppe, when cultivated on chernozems, the highest-yielding winter wheat is (up to 4.00 t / ha or more, in our experiments 3.88-4.80 t / ha). The average yield of spring wheat was 2.68-3.31 t / ha, spring barley 2.67-3.21 t / ha, oats 2.15-2.71 t / ha. The highest productivity of crop rotation was observed against a background with modified ammonium nitrate at a dose of 20 kg ai/ha (½NH4NO3) when applying modified azofoski (N15P15K15). Grain harvest for 2013-2018 in this variant was 13.36 t / ha, exceeding the control variant on this background by 1.31 t / ha.

Bibliography

1. Chebotar, V. K. Increasing the socio-economic level of development of the territory by creating a regional biocluster (on the example of the Ulyanovsk region) // V. K. Chebotar, A. A. Zavalin, A. G. Aritkin. - Saint-Petersburg, 2016. – 148 p.
2. Patent №2241692 The Russian Federation. A method of producing bio-fertilizers: №2002127984: applic. 11.10.2002 : published 10.12.2004 / Chebotar V.K., Kazakov A.E., Erofeev S.V. - Applicant and patent holder of LLC «BISOLBI-INTER».
3. Patent №2487932 The Russian Federation. A method of producing bio-fertilizers and meliorants (options): №2012114262 appl. 12.04.2012 : published 20.07.2013 / Chebotar V.K., Erofeev S.V. - Applicant and patent holder of LLC «BISOLBI-INTER»
4. Chebotar, V. K. Application of biomodified mineral fertilizers / V. K. Chebotar, A. A. Zavalin, A. G. Aritkin. – Moscow : ASRA ; Ulyanovsk : UISU, 2014. – 142 p.
5. Gavrilova, A. Yu. Effectiveness of application of complex biomodified mineral fertilizers for barley on sod-podzolic light loamy soil: spec. 06.01.04 - agrochemistry : the dissertation on competition of a scientific degree of candidate of agricultural sciences / Gavrilova Anna Yuryevna . – Moscow, 2018. – 20 p.
6. Zavalin, A. A. Coefficient of use of nitrogen fertilizers by plants and its regulation / A. A. Zavalin, O. A. Sokolov // International agricultural journal. - 2019. – №4 (370). – P. 71–75.
7. Emtsev, V. T. Microbiology / V. T. Emtsev, E. N. Mishustin. – Moscow : Publishing house UWRITE, 2016. – 445 p.
8. Агрехимическая оценка физических и биологических свойств почв Среднего Поволжья / А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров, А. В. Карпов, А. В. Козлов, Н. А. Хайрtdинова, Е. А. Яшин. - Ульяновск, 2017. – 244 с.
9. Kulikova, A. Kh. Biopreparations in the spring wheat fertilization system / A. Kh. Kulikova, S. N. Nikitin, A. L. Toigildin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2017. – Т. 8, № 1. – С. 1796–1800.
10. Microbial preparations that improve plant development / V. K. Chebotar, N. V. Malfanova, A. B. Shcherbakov, G. A. Ahtemova // Applied Biochemistry and Microbiology. - 2015. – № 51(3). - P. 271–277.
11. Alferov, A. A. Effectiveness of application of biopreparation on spring wheat of the European part of Russia on different backgrounds of mineral nutrition / A. A. Alferov, L. S. Chernova, P. P. Kozhemyakov // Russian agricultural science. - 2017. – № 6. – P. 17–21.
12. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on plant hormone homeostasis / K. A. Tsukanova, V. K. Chebotar, T. N. Bibikova, J. M. Meyer // South African Journal of Botany. - 2017. – Vol. 113. – P. 91–102.
13. Biologization and efficiency of crop rotation types under conditions of the forest-steppe zone of the volga region / A. L. Toigildin, V. I. Morozov, M. I. Podsevalov, S. N. Zudilin // Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. – Т. 9, № 6. – P. 1063–1070.
14. Kulikova, A. Kh. Effectiveness of biomodified fertilizers in the cultivation of agricultural crops in the Middle Volga region / A. Kh. Kulikova, G. V. Saidyasheva, A. N. Lashenkov // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. - 2019. – № 3 (47). – P. 54–59.